

REVESTIMENTO E CIMENTAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO

Jaíne Lima dos Santos¹ Erly dos Santos Monteiro² Yuri Guimarães³

¹ Universidade Tiradentes, Unidade Acadêmica de Engenharia de Petróleo- jai.lima@outlook.com

² Universidade Tiradentes, Unidade Acadêmica de Engenharia de Petróleo- erlymonteiro@hotmail.com

³ Universidade Tiradentes, Unidade Acadêmica de Engenharia de Petróleo- yurifontes22@gmail.com

RESUMO

Poços de petróleo são constituídos de diversos tipos de revestimentos metálicos, podendo atingir profundidades de até 5000 metros. À medida que são lançados esses revestimentos, surge um espaço anular que necessita ser preenchido para dar sustentação ao sistema completo e proteger o revestimento de substâncias inerentes ao ambiente do poço. Esse preenchimento é realizado por meio do processo de cimentação. A cimentação é uma etapa importante na operação de perfuração de um poço de petróleo. Ela permite que o espaço anular compreendido entre as paredes externas do revestimento e as paredes da formação perfurada seja preenchido de modo a garantir a fixação do revestimento, como também impermeabiliza o próprio revestimento do contato com água da formação. Essa operação é feita com bombeamento de uma pasta composta essencialmente de água, cimento e aditivos, constituindo uma bainha ao redor do revestimento. Diversos acontecimentos como, variações de pressão e temperatura, vibrações provocadas por cargas explosivas aplicadas dentro do poço e migração de substâncias indesejáveis na interface revestimento/bainha de pasta de cimento podem prejudicar a qualidade da ligação entre o revestimento metálico e a bainha de pasta de cimento. A indústria do petróleo é, certamente, a mais fantástica atividade produtiva organizada em toda a existência do ser humano.

Palavras-chave: Revestimento metálico. Pasta de cimento. Cimentação. Indústria do petróleo.

1. INTRODUÇÃO

A evolução na exploração comercial do petróleo inicialmente relacionou-se com avanço nos processos de perfuração de poços. À medida que iam sendo perfurados poços mais profundos, mais jazidas poderiam ser exploradas e com mais êxito. Em 1859, nos Estados Unidos, perfurou-se um poço com 21 metros de profundidade com produção diária de 2 metros cúbicos de óleo. Em 1900, no mesmo país, através de processo rotativo, foi encontrado óleo à profundidade de 354 metros.



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

Nos anos seguintes, com a melhoria das técnicas de confecção das brocas de perfuração, foi possível perfurar poços com até 1000 metros de profundidade (THOMAS, 2004).

Entre os anos de 1970 e 1990, aconteceram grandes avanços no aprimoramento de dispositivos de aquisição, processamento e interpretação de dados sísmicos, recuperação e descoberta de jazidas e redução nos custos de exploração e produção, tornando o petróleo um produto cada vez mais relevante na economia mundial. Atualmente os poços petrolíferos podem tanto chegar à profundidade de até 5000 metros como também serem explorados nas condições mais adversas possíveis, como nas descobertas sob 2000 metros de camada de sal.

Os poços para exploração de petróleo são constituídos, geralmente, de diversos tipos de revestimentos metálicos, sendo cada um utilizado em função da profundidade que atinge ao longo da perfuração. Estes revestimentos são designados por condutores, de superfície, intermediários, produtor e o liner. A função destes revestimentos, entre outras, é dar sustentação aos equipamentos utilizados no processo de perfuração e produção do poço e permitir que o óleo ou o gás cheguem até a superfície (NELSON, 1990).

À medida que vai sendo lançado o revestimento metálico surge um espaço anular que necessita ser preenchido para dar sustentação ao sistema completo. A cimentação consiste basicamente no preenchimento com cimento desse espaço anular entre os tubos de revestimento e a formação rochosa e tem como principal finalidade promover o isolamento de zonas produtoras. Esse preenchimento é realizado através de processo de cimentação, que consiste no bombeamento de uma pasta composta essencialmente de água, cimento e aditivos e tem como funções principais a vedação desses espaços, proteção contra processos corrosivos e outros problemas que podem comprometer a qualidade do poço (NELSON, 1990).

A operação de cimentação consiste em um trabalho de extrema importância para as fases de perfuração e completação de poços de petróleo e tem grande impacto sobre a produtividade do poço. A comunicação entre zonas produtoras é indesejável, por estar relacionada com a contaminação de aquíferos, com a produção de água e gás, ou com a produção descontrolada pelo anular. No revestimento condutor, a pasta tem a função de impedir a circulação de fluidos de perfuração e uma possível corrosão no aço; no de superfície, tem a função de proteger horizontes superficiais da água, suportar equipamentos e colunas a serem descidos posteriormente; no intermediário, isolar e/ou proteger formações instáveis geo-mecanicamente, portadoras de fluidos corrosivos, com pressão anormal e/ou perda de circulação; já no revestimento de produção, o

[www.conepetro.com](http://www.conepetro.com.br)
.br

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

objetivo da pasta de cimento é promover a vedação hidráulica eficiente e permanente entre os diversos intervalos produtores, impedindo a migração de fluidos (PETROBRÁS, 2002), servindo também para tamponar zonas de perdas de circulação como cavernas e fraturas, fazer o tamponamento de zonas produtoras em caso de abandono do poço e, na perfuração, permitir o assentamento de tampões para fins de desvio (sidetracking) do poço. Muitos problemas podem ocorrer com o cimento, seja durante a cimentação primária do poço como também durante seu período produtivo (NELSON, 1990).

Mesmo com tanta tecnologia desenvolvida para tornar o conjunto revestimento metálico/bainha de pasta de cimento resistente a ataques, sua deterioração surge do processo de operação do poço. Diversos acontecimentos permitem que isso ocorra, tais como variações de pressão e temperatura, vibrações provocadas por cargas explosivas aplicadas no processo de canhoneio e migração de substâncias indesejáveis na interface revestimento metálico/bainha de pasta de cimento.

Esses acontecimentos podem ocasionar perda do isolamento hidráulico na interface desse sistema, ou seja, o revestimento metálico se desprende da bainha de pasta de cimento (CARPENTER et al., 1992). Esse isolamento hidráulico é fundamental para o funcionamento adequado do poço e permite que o mesmo produza com economia e eficiência. No momento em que ocorre algum tipo de problema com a aderência entre esses dois materiais, essa vedação é comprometida e o desempenho do poço é diretamente afetado, comprometendo assim a produtividade do mesmo.

Desta forma é necessária a verificação periódica da integridade estrutural dos poços, verificando a condição de aderência na interface revestimento metálico/bainha de pasta de cimento. Essa verificação da condição de aderência na interface é realizada periodicamente através de testes não-destrutivos. Esta modalidade de ensaio é muito difundida por fornecer respostas sem causar dano à estrutura testada.

Em razão do exposto, este artigo busca relacionar as atividades de revestimento e cimentação que ocorre em poços de petróleo, mostrando os processos, suas funções e importâncias, bem como promover a discussão acerca dos problemas causados pela má operação dos mesmos para os campos de petróleo.

2. METODOLOGIA

Trata-se essencialmente de uma revisão bibliográfica onde se procurou analisar, discutir e interpretar criticamente o referencial teórico em estudo. Organizou-se os conceitos e demais idéias de forma coerente e concisa, adotando uma linguagem de claro entendimento, a partir de diferentes modelos de documentos, desde a produção acadêmica tradicional – artigos científicos, monografias, dissertações de mestrado e teses de doutorado – a bibliografias recentes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Projetos dos Revestimentos

Revestimentos de poços de petróleo apresentam diversas funções. Estes são responsáveis por prevenir o colapso e fraturamento de parede do poço acima da sapata e isolar determinadas formações como forma a evitar contaminação tanto do ambiente (zonas de aquífero) quanto do poço (argilas reativas, formações salinas, zonas contendo gases ácidos, etc.). Também atuam em conjunto com o BOP permitindo o controle seguro do poço e funcionam como canal para o escoamento dos fluidos de perfuração retornando a superfície, entre outros e protegem zonas de menores gradientes de fratura, permitindo um aumento na pressão de fundo sem acarretar em perdas de circulação nessas zonas.

Segundo Bourgoyne et al. (1986) os revestimentos tem sido uma das partes mais caras dentro de um programa de perfuração onde estudos mostraram que o custo com a compra de revestimentos para a perfuração atingia 18% do custo total de um poço offshore completado já na década de 1980. Em poços terrestres o peso dos revestimentos é ainda maior, da ordem de 50%. Daí a necessidade de um estudo aprofundado para a definição dos revestimentos adequados para compor um poço, levando-se em conta parâmetros como diâmetro, espessura, grau do aço, tipo de aço, entre outros.

3.1.2 Funções das Colunas de Revestimentos

A composição de cada coluna é função das solicitações previstas durante sua descida no poço e ao longo de sua vida útil. O API padronizou procedimentos industriais e operacionais para fabricação e manuseio de tubos de revestimentos. Suas recomendações e padronizações são adotadas em quase sua totalidade pelos países ocidentais, inclusive o Brasil, embora alguns produtos ou procedimentos “não API” também sejam adotados.

Todo poço perfurado tem a necessidade de ser revestido total ou parcialmente, com a finalidade de proteger suas paredes. A perfuração é feita em fases, cujo número depende das características das zonas a serem perfuradas e da profundidade final prevista do poço. Cada fase é concluída quando, após a perfuração, procede-se a descida de uma coluna de revestimento, com posterior cimentação do espaço anular exterior à coluna. As principais funções da coluna de revestimentos são:

- ✓ Prevenir o desmoronamento das paredes do poço;
- ✓ Evitar a contaminação da água potável dos lençóis freáticos mais próximos à superfície;
- ✓ Permitir o retorno do fluido à superfície;
- ✓ Prover meios de controle de pressões dos fluidos, permitindo aplicação de pressão adicional desde a superfície;
- ✓ Permitir a adoção de sistema de fluido de perfuração diferente, mais compatível com as formações a serem perfuradas adiante;
- ✓ Impedir a migração de fluidos das formações;
- ✓ Sustentar os equipamentos de segurança de cabeça de poço;
- ✓ Sustentar outra coluna de revestimento;
- ✓ Alojjar os equipamentos de elevação artificial;
- ✓ Confinar a produção ao interior do poço;

3.1.3 Características essenciais das colunas de revestimento

- ✓ Ser estanque;
- ✓ Ter resistência compatível com as solicitações;
- ✓ Ter dimensões compatíveis com as atividades futuras;
- ✓ Ser resistente à corrosão e à abrasão;
- ✓ Apresentar facilidade de conexão;
- ✓ Ter a menor espessura possível;

3.1.4 Tipos de Revestimentos

Segundo o American Petroleum Institute (API) o revestimento corresponde a um tubo de aço com diâmetro externo variado entre 4,5 e 20 polegadas, alojado e cimentado no poço de forma a promover as características citadas acima. O conjunto de revestimentos é, no entanto, subdividido em cinco diferentes grupos: revestimentos condutores, revestimentos de superfície, revestimentos intermediários, revestimentos de produção, liners e tie-back.

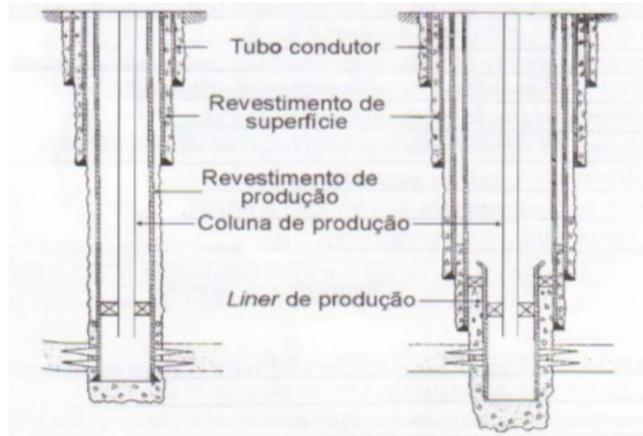


Figura 1: Esquema do revestimento de poços

3.2 Cimentação

A cimentação de poços de petróleo é considerada uma operação crítica, não só durante a perfuração de poços de petróleo, como também por toda a vida do poço. A cimentação pode ser definida como a operação realizada para efetuar o bombeio de uma pasta de cimento, que irá preencher o espaço anular, constituindo o que se chama de bainha (RAVI e MORAN, 1998). A bainha é responsável pela estabilidade mecânica, bem como o isolamento entre as zonas produtoras de óleo e as formações ao redor da mesma. A pasta de cimento desce ao poço no estado fresco e gradativamente adquire consistência em função dos processos de hidratação (NELSON, 1990; LÉCOLIER, RIVEREAU e AUDIBERT-HAYET, 2007).

Após o endurecimento a pasta de cimento apresenta adequada resistência à compressão. No entanto, o poço apresenta ciclagens térmicas e esforços mecânicos e a bainha de cimento apresenta limitada resistência à tração e baixa capacidade de deformação elasto-plástica (NELSON, 1990; MEHTA e MONTEIRO, 2008). O processo de fissuração que se manifesta por conta dessas últimas propriedades, pode levar ao comprometimento de sua função de estanqueidade e a bainha fica suscetível à passagem de fluidos.

A fratura da bainha resulta ainda na possibilidade de perda de produção de óleo e de gás pela região do anular, com conseqüências negativas do ponto de vista ambiental e econômico (NELSON, 1990).



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

Os principais objetivos da cimentação são: promover isolamento entre diferentes zonas da formação para evitar a migração de fluidos no anular, suportar os tubos de revestimento, e proteger o revestimento da corrosão por fluidos da formação. Falhas na cimentação podem ocasionar problemas, tais como flambagem e colapso do revestimento devido à concentração de tensões em regiões sem cimento, podendo ocasionar até mesmo a perda do poço. Outro problema gerado por falhas na cimentação é o fluxo pelo anular de fluido ou gás proveniente da formação.

O procedimento de cimentação é realizado tanto para poços verticais como para poços direcionais. Nestes últimos, a região mais crítica no processo de cimentação é a junção entre a parte vertical do revestimento metálico e a parte que mudou de direção. Esta é uma área bastante solicitada por esforços mecânicos.

A figura 3 apresenta um desenho esquemático de uma operação de cimentação, onde o cimento é bombeado pelo interior do revestimento e sobe pelo anular formado entre o revestimento e o poço.



Figura 2: Cimentação do Anular

3.2.1 Tipos de cimentação

3.2.1.1 Cimentação Primária

A cimentação primária é de grande importância para a construção de qualquer poço de petróleo, pois uma cimentação mal elaborada reduz o ciclo de vida do poço e implica em custos adicionais em sua construção. Este tipo de cimentação é aquela realizada após a descida de cada coluna de revestimento, e sua qualidade é avaliada, geralmente, por meio de perfis acústicos corridos por dentro do revestimento (THOMAS, 2011).

[www.conepetro.com](http://www.conepetro.com.br)
.br

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

Uma cimentação primária satisfatória está associada a uma boa aderência ao revestimento e à formação rochosa, além do preenchimento de todo o espaço anular. Antes do bombeamento da pasta de cimento, são feitos exames laboratoriais para garantir o sucesso na colocação da pasta no anular (SANTOS JUNIOR, 2006).

3.2.1.2 Falhas na Cimentação Primária

Depois de realizado o trabalho de cimentação primária e realizados os testes hidráulicos, entende-se que o poço estaria pronto para funcionar. No entanto, há potenciais problemas como, áreas que não estejam cimentadas, contaminação por gases, óleos e sais, áreas em que a pasta de cimento tenha perdido água antes de encerrado processo. Na FIGURA 2.6 observa-se alguns tipo de problemas ocorridos na interface revestimento metálico/bainha de pasta de cimento.

Esses problemas podem ser mais frequentes quando é necessário mudar a direção do poço para que a camada produtora seja atingida, visto que a cimentação e regiões onde o revestimento metálico possui inclinação pode se tornar mais difícil. Isso mostra a necessidade de se executaram cimentações que tenham resistência mecânica e durabilidade adequada exatamente nessas áreas, pois vazamentos provenientes de possíveis trincas podem inferir na produção do poço (BEZERRA, 2006).

Mesmo com todos os cuidados é comum a ocorrência de falhas na cimentação primária (Figura 4). As falhas mais comuns são fissuras e presença de vazios na pasta, que requerem procedimentos de correção (cimentação secundária) e aumentam o custo do poço. O encarecimento da exploração propicia a necessidade de pesquisar e desenvolver novas pastas mais eficazes para cada tipo de uso, diminuindo as falhas e aumentando a durabilidade da cimentação.



Figura 3: Falha na Cimentação



3.2.1.3 Cimentação Secundária

Define-se cimentação secundária como toda cimentação realizada visando corrigir falhas na cimentação primária. Assim sendo, uma cimentação secundária pode ser realizada para eliminar a entrada de água de uma zona de gás adjacente a zona de óleo, abandonar zonas depletadas ou reparar vazamentos na coluna de revestimento (RIBEIRO, 2012).

Se a correção da cimentação primária for realizada sem o devido isolamento hidráulico entre as formações permeáveis, podem ocorrer os seguintes problemas:

- ✓ Produção de fluidos indesejáveis devido a proximidade dos contatos óleo/água ou gás/óleo;
- ✓ Testes incorretos de avaliação das formações;
- ✓ Prejuízo no controle do reservatório (produção, injeção de vapor);
- ✓ Operações de estimulação mal sucedidas, com possibilidade inclusive de perda do poço;

As cimentações secundárias são classificadas como: tampões de cimento, recimentação, e compressão de cimento ou Squeeze.

- ✓ Tampões de Cimento: os tampões de cimento são utilizados nos casos de perda de circulação, abandono total ou parcial do poço, como base para desvios, etc.;

4. CONCLUSÕES

Os revestimentos tem sido uma das partes mais caras dentro de um programa de perfuração onde estudos mostraram que o custo com a compra de revestimentos para a perfuração atingia 18% do custo total de um poço offshore completado já na década de 1980. Em poços terrestres o peso dos revestimentos é ainda maior, da ordem de 50%. Tanto os revestimentos quanto a cimentação são operações críticas financeiramente assim como operacionalmente e necessitam de cuidado durante suas operações.

Os revestimentos precisam estar em um dimensionamento correto quando forem assentados para evitar problemas futuros durante a vida produtiva do poço. O mesmo cuidado se deve ter quando relacionado à operação de cimentação, já que, nessa fase toma-se a decisão de prosseguir com o poço, cimentá-lo e dar prosseguimento para a completação e produção, ou cimentar para abandoná-lo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Livro :

THOMAS, J. E. *Fundamentos de Engenharia de Petróleo*. Interciência, 2004.

Artigo de periódico:

BACKE, K. R. 1999. Characterizing Curing-Cement Slurries by Permeability, Tensile Strength, and Shrinkage. *SPE Drill. & SPE Drill. & Completion* 14. 03 de Setembro de 1999, pp. 162-167.

CARPENTER, R. B., BRADY, J. L., BLOUNT, C. G., 1992, “*Effects of temperature and cement admixes on bond strength*”, SPE, paper 22063, pp.880-885.

COSTA, J. C. do C. 2004. *Cimentação de poços de petróleo*. Macaé: Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2004. Monografia.

GANDELMAN, R. 2004. On the rheological parameters governing oilwell cement slurry stability. *Annual transactions of the Nordic rheology society*. 2004, pp. 86-91.

JUTTEN, J., MORRIS, S. L., 1990, “*Cement job evaluation*”, In: Well Cement, Schumberger Educational Services, Sugar Land, Texas, pp.16(1-13).

KIHARA, Y. *O Estudo Minerológico das Cinzas Volantes Brasileiras: Origem, Características e Qualidade*. São Paulo, Instituto de Geociências, 1983.

LÉCOLIER, E., RIVEREAU, G., AUDIBERT-HAVET, A., 2007, “*Durability of hardened Portland cement paste used for oil well cementing*”. *Oil & Gas Science and Technology*, vol.62, n3, pp.335-345.

LIMA, F. M.; OLIVEIRA, V. G.; MARTINELLI, A. E.; MELO, D. M. A.; CACHINA, G. H. A. B., *Influência da energia de mistura em pastas de cimento portland utilizadas em cimentação de poços de petróleo*, Rio Oil & Gas Expo and Conference, IBP, 2004.

MEHTA, P. K. 1994. *Concreto: estrutura, propriedades e materiais*. São Paulo: Pini, 1994.

MITCHELL, R. F., MISKA, S., WAGNER, R. R., 1998, “*Casing and tubing design*”, In: Petroleum Well Construction, John Wiley & Sons, England, pp.175-214.

NELSON, E.B., 1990, *Well cementing*, Saint-Etienne: Schumberger Educational Services.

NELSON, E.B., DRECQ, P., 1990, “*Special cement systems*”, In: Well Cementing, Schumberger Educational Services, Sugar Land, Texas, pp.7 (1-14).

NELSON, E. e GUILLOT, D. 2006. *Well cementing. S.1.*: Schumberger, 2006.

PINTO, E. N. M. G. 2006. *Polycarboxilate effect on the composite slurries rheological properties for oil well cementing*. Florianópolis: V encontro da SBPMat (Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais), 2006: Apresentação em Pôster.

RAVI, K, MORAN, L., 1998, “*Primary Cementing*”, In: Petroleum Well Construction, John Wiley & Sons, England, pp.215-249.

Monografias:

COSTA, J. C. do C. 2004. *Cimentação de poços de petróleo*. Macaé: Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2004. Monografia.

LIMA, S. P., 2013.2 “*Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia do Petróleo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como requisito parcial na obtenção do título de Engenheiro de Petróleo*”.

Tese/dissertação:

BEZERRA, U. T., 2006, *Compósitos portland-biopolímero para cimentação de poços de petróleo*. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais). UFRN, Natal.

LIMA, F. M. *Avaliação do comportamento reológico de pastas de cimento para poços de petróleo com adição de plastificantes*. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2007.

NASCIMENTO, J. H. O. *Adição de Poliuretano não iônica a cimento Portland especial para Cimentação de Poços de Petróleo*. 2006. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

RIBEIRO, D. B. 2012. *Utilização de nanosílica como aditivo estendedor para pastas cimentantes de baixa densidade destinadas à cimentação de poços petrolíferos*. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2012. Dissertação de Mestrado.

SANTOS JUNIOR, B. F. “*Modificações Morfológicas e estruturais de pastas de cimento aditivadas com termofixos a base de epóxi para utilização em poços de petróleo*”. 2006. 135f.



Dissertação (Mestrado em física). Curso de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal de Sergipe, 2006;



www.conepetro.com

.br

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br